

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-38590

(43) 公開日 平成7年(1995)2月7日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 12/40				
G 0 6 F 13/00	3 0 1 K	7341-5K	H 0 4 L 11/ 00	3 2 0

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平6-80165

(22) 出願日 平成6年(1994)4月19日

(31) 優先権主張番号 0 7 0 5 8 9

(32) 優先日 1993年6月1日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 トーマス・アンソニー・グレッグ

アメリカ合衆国12528 ニューヨーク州ハ일랜드 ベルビュー・ロード121

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

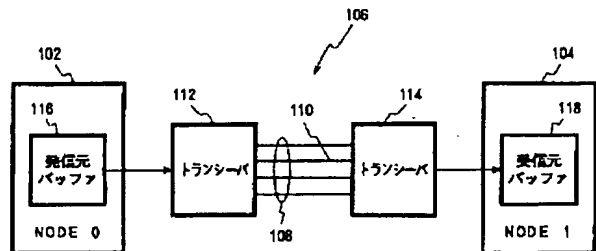
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 並列/直列バスにおけるエラー検出および回復システム

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 並列バスの各メンバ用のトランシーバにおいて、共通クロックを不要にする。

【構成】 トランシーバ112は、複数のファイバ108を介して、並列データ・ブロックを順次、非同期的に送信するシステムであって、関連データを各ファイバ上で順次伝送し、データを結合する機構としてフレーム・グループを提供する。フレーム・グループには順序番号がないので、受信機は、個々のフレームの到着時間によって、どのフレームがフレーム・グループの一部であるかを判断する。並列バスの各メンバ用のトランシーバは、ファイバの各端で非同期的に実行する。したがって、共通クロックは不要になる。受信機は、送信機が校正メッセージを生成した場合スキュー測定を行い各導体の相対スキューを求める。スキューが求められると、バスを介してスキュー値の交換が行われ送信機は適切なフレーム間隔を設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の搬送体を備えた情報伝送媒体と、複数の送信機を含む送信機装置を備えた第 1 のノードと、

それぞれが、1 つの異なる搬送体を介して、前記送信機のうちの対応する 1 つに結合された複数の受信機を含む受信機装置を備えた第 2 のノードとからなり、前記受信機装置が、各搬送体上で相対スキュー値を測定し、第 1 のノードに最高スキュー値を提供する手段からなり、

前記送信機装置が、搬送体上で、フレーム・グループとしてのフレームにリンク制御ワードを含む複数のフレームを並列的に送信し、搬送体上で送信されるバック・ツー・バック・フレームの始め間の間隔が最高スキュー値を上回る値にならないようにする手段と、無効なリンク制御ワードがあり、フレーム・グループの少なくとも 1 つのリンク制御ワードが有効である場合に、拒否信号を送信し、フレーム・グループを再送信する手段とからなっていることを特徴とする通信システム。

【請求項 2】リンク制御ワードまたはリンク制御ワード CRC 中の無効な伝送文字が無効な制御ワードを構成することを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 3】無効なリンク制御 CRC 値の検出が無効な制御ワードを構成することを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 4】繰り返し受信される前記拒否信号に基づき、拒否されたデータ領域を再送信し、前記拒否再送信を最大回数まで実行する手段を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 5】無効な情報フィールドがあり、フレーム・グループの少なくとも 1 つのリンク制御ワードが有効である場合に、拒否信号が送信され、フレーム・グループが再送信されることを特徴とする請求項 4 に記載の通信システム。

【請求項 6】情報フィールドまたは情報フィールド CRC 中の無効な伝送文字が無効な情報フィールドを構成することを特徴とする請求項 5 に記載の通信システム。

【請求項 7】無効な情報フィールド CRC 値が無効な情報フィールドを構成することを特徴とする請求項 5 に記載の通信システム。

【請求項 8】複数の搬送体を備えた情報伝送媒体と、複数の送信機を含む送信機装置を備えた第 1 のノードと、

それぞれが 1 つの異なる搬送体を介して対応する 1 つの前記送信機に結合された複数の受信機を含む受信機装置を備えた第 2 のノードとを備え、

前記受信機装置が、各搬送体上で相対スキュー値を測定し、第 1 のノードに最高スキュー値を提供する手段からなり、

前記送信機装置が、搬送体上で、フレーム・グループとしてのフレームにリンク制御ワードを含む複数のフレームを並列的に送信し、搬送体上で送信されるバック・ツー・バック・フレームの始め間の間隔が最高スキュー値を上回る値にならないようにする手段と、

複製されたグループが無効であるが、フレーム・グループの少なくとも 1 つのリンク制御ワードが有効である場合に、複製されたフレーム・グループのリンク制御ワードでコマンドを実行する手段とからなることを特徴とする通信システム。

【請求項 9】複数のフレーム・グループがすべて所定のタイム・ウィンドウ内に送信されるようにする手段をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

【請求項 10】複数のフレーム中の第 1 のフレームがいくつか受信されたかを判断し、複数のフレーム中の残りのフレームが、第 1 のフレームを受信してから、最高スキュー値によって定義される時間内に受信されたか否かを判断する手段を受信機装置が備えることを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

【請求項 11】複数のフレーム中の第 1 のフレームがいくつか受信されたかを判断し、複数のフレーム中の残りのフレームが、第 1 のフレームを受信してから、最高スキュー値に一定の埋込み値を加えた値によって定義される時間内に受信されたか否かを判断する手段をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

【請求項 12】各前記フレームがリンク制御ワードを備えており、前記受信機装置が、前記複数のフレームのリンク制御ワードが相互に同じであるか否かを判断する手段をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

【請求項 13】前記受信機装置が、受信されたフレームがすべて、第 1 のノードによって並列的に送信された複数のフレーム内のものであるか否かを判断するグループ判断手段を備えており、前記複数のフレームが、各フレームを、第 1 のグループの一部として並列的に送信されたフレームとして識別する順序番号を含まないことを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

【請求項 14】第 1 および第 2 のノードがそれぞれプロセッサであり、各プロセッサが、

中央処理装置と、前記中央処理装置に結合されたメイン・メモリと、前記メイン・メモリ、前記中央処理装置、および前記情報伝送媒体に結合された通信制御装置とからなることを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

【請求項 15】搬送体が光ファイバであることを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

【請求項 16】複数の搬送体を備えた情報伝送媒体と、複数の送信機を含む送信機装置を備えた第 1 のノードと、

それぞれが1つの異なる搬送体を介して対応する1つの前記送信機に結合された複数の受信機を含む受信機装置を備えた第2のノードとからなり、

前記受信機装置が、各搬送体上で相対スキュー値を測定し、第1のノードに最高スキュー値を提供する手段からなり、

前記送信機装置が搬送体上で、フレーム・グループとしてのフレームにフレーム・ヘッダおよびリンク制御ワードを含む複数のフレームを並列的に送信し、搬送体上で送信されるバック・ツー・バック・フレームの始め間の

間隔が最高スキュー値を上回る値にならないようにする手段と、フレーム・グループの一部であるフレームについて、損傷したヘッダをもつフレームを拒否し、再送信する手段とからなることを特徴とする通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、データ通信システムに関し、詳細に言えば、光ファイバを使用して情報を伝達するデータ通信システムと、並列／直列バス用のエラー検出および回復手段に関する。

【0002】

【従来の技術】本出願は、以下の同時出願に関連する。1992年2月20日に出願された米国特許出願第07/839657号の一部継続出願（IBM整理番号PO9-91-066）。1992年2月20日に出願された米国特許出願第07/839986号の一部継続出願（IBM整理番号PO9-92-001）。“Quiesce and Unquiesce Function for Intersystem Channels”と題するN. G. バートウ（Bartow）らの米国特許出願（IBM整理番号PO9-93-015）。“Concurrent Maintenance of Degraded Parallel/Serial Buses”と題するK. J. フレデリックス（Fredericks）らの米国特許出願（IBM整理番号PO9-93-016）。“Null Words for Pacing Serial Links to Driver and Receiver Speeds”と題するD. F. キャスパー（Casper）らの米国特許出願（IBM整理番号PO9-93-017）。“Error Detection and Recovery in Parallel/Serial Buses”と題するT. A. グレグ（Gregg）らの米国特許出願（IBM整理番号PO9-93-018）。

【0003】これらの係属出願および本出願は、本出願人である、米国ニューヨーク州アーモンクのインターナショナル・ビジネス・マシーンス・コーポレーション（IBM）が所有する。

【0004】これらの係属出願に記載された説明は、本明細書に組み込まれている。

【0005】光ファイバを使用すれば、長い文字列を、ドライバから遠く離れた（数キロメートル単位）受信機まで順次、きわめて高いデータ転送速度（毎秒数十億ビット単位）で伝送することができる。これは、データを

このような転送速度で短い距離（数十メートル）しか伝送できない従来の電気線と対称的である。

【0006】高性能のコンピュータでは、コンピューティング・システムの要素間のシステム・バスは、きわめて高い帯域幅（毎秒数億バイト単位）をもつ必要がある。コンピューティング・システムの要素間のシステム・バスとして機能させるのに、単一の光ファイバ・ケーブルを最大帯域幅で使用するのでは不十分な場合がある。

【0007】従来の技術での、単一の搬送体上の不適切な帯域幅の問題に対する解決法は、各データ・ワードのビットを、複数の搬送体（並列バス）のそれぞれで1つずつ並列に伝送することである。

【0008】ストライピングという他の解決法では、複数の直列データ・ワードを、複数の搬送体のそれぞれで1つずつ並列に送信することを必要とする。しかし、これらの解決法には、並列ビットまたはワードがバス上で送信されるとき、それらの間にスキューが発生するという問題が共通して存在している。

【0009】スキューとは、最も早い搬送体と最も遅い搬送体の間の伝搬時間の変動である。そのような伝搬時間の変動を適切に処理しないと、受信機側でデータ・エラーが発生する場合がある。スキューは、バスの各搬送体用の送信機、受信機、および伝送媒体の物理特性の違いによって発生する。

【0010】スキューには2つの一般的なカテゴリがある。1つはランダム・スキュー（RSKEW）であり、ジッタとして発生する。このスキューの原因は、クロックの非同期化と空語挿入である。他の種類のスキューは、一方のトランシーバが他方のトランシーバよりも、常に一定時間だけ遅いか、あるいは速いという場合のシステムック・スキュー（SSKEW）である。搬送体伝搬時間の差が、システムック・タイプのスキューの典型的な原因である。

【0011】送信機、搬送体、および受信機のそれぞれにスキューが発生する。これらの要素のそれぞれでどのようにスキューが発生するかについて以下に説明する。

【0012】伝送ラウンチ・スキューとは、最初の送信機のフレームの始めと最後の送信機のフレームの始めとの間の時間差である。この種のスキューは、送信機において測定される。伝送ラウンチ・スキューには3つの原因がある。第1の原因はランダムなものであり、送信機クロックとシステム・クロックの同期化によって発生する。すべての送信機クロックが共通の基準クロックにロックされており、共通のシステム・クロック同期点がある場合、ラウンチ・スキューは、1ビット時間以下程度に小さくすることができる。伝送ラウンチ・スキューの第2の原因もランダムであり、空白の挿入によって発生する。伝送ラウンチ・スキューの第3の原因はシステムックなものであり、トランシーバ間の内部信号伝搬時間

の差によって発生する。任意の合理的な物理設計によって、このスキューを数ビット時間に限定する必要がある。

【0013】大部分のスキューは、搬送体自体の特性によって発生する。搬送体スキューとは、リンクの最低速搬送体と最高速搬送体の間の伝搬時間の差に過ぎない。このスキューはほぼ完全にシステミックである。温度などの環境の変化のために、経時的にわずかな変動が発生する場合がある。したがって、複数のフレームを同時にラUNCHする場合でも、それらのフレームは、搬送体スキューのために異なる時間に到着する可能性があることを理解すべきである。

【0014】スキューは、受信機特性によって発生することもある。受信機でのスキューには2つの原因がある。第1の原因はランダムであり、システム・クロックとレシーバ・クロックの同期化によって発生する。第2の原因は、システミックであり、異なるトランシーバ間の内部信号伝搬時間の差によって発生する。送信機の場合と同様に、任意の合理的な物理設計によって、このスキューを数ビット時間に限定する必要がある。

【0015】スキューによって発生する可能性がある種類のデータ・エラーを避けるために、従来から、幾つかの並列ビット同期化手段が使用されている。従来の並列バス設計は、共通のクロックを使用して同期化を実行している。この解決法は、実行可能であるが、通常、共通クロックのために、ロック・ステップにおいて、導体間の総スキューによって限定された速度でデータが収集が行われるという点で非効率的である。

【0016】したがって、複数の光ファイバ・フィラメントなどの複数の搬送体上でデータ・ワードを伝送するための改良された方法が必要である。

【0017】従来の技術では、フレームのヘッダが損傷すると、そのフレームが破棄され、通常は一定のタイムアウトが発生した後に動作回復動作が呼び出される。従来の技術では、フレーム中の情報が損傷すると、フレームの受信機から拒否信号が送信され、フレームが再送信される。複数のフレームが相互に関連しているときに、損傷したヘッダをもつフレームを送信する能力が必要である。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数の搬送体上で、並列したデータ・ブロックを順次、非同期式に伝送するシステムおよび方法を備えている。関連するデータを各ファイバ上で順次伝送し、伝送されるデータを結合する機構としてフレーム・グループが設けられている。受信機には、所与のリンクについてのすでに測定されている最大スキュー値が与えられる。受信機はこの情報を使用し、個々のフレームの到着時間によって、どのフレームがフレーム・グループの一部であるのかを判断する。

【0019】本発明の1つの実施例によれば、並列バスの各メンバ用のトランシーバは、ファイバの各端で同期化を非同期的に実行する。したがって、共通クロックは不要になる。バスの各側の受信機は、バスの他方の側にある送信機が一連の校正フレームを生成したときにスキュー測定を実行することによって各導体の相対スキューを求める。バスの両側から見た、すべての導体に関するスキューが求められると、バスを介してスキュー値が交換されるので、送信機は適切なフレーム間隔を設定することができる。

【0020】本発明によるスキュー測定1つの利点として、最悪ケースの理論スキューではなくリンク自体の最大帯域幅でしか限定されない、マルチ搬送体・バスを備えたリンクを介してデータを送信することができる。本発明の一実施例によれば、リンクの確立時または再初期化時に、まずリンク中の搬送体の相対スキュー値を測定することによってデータ安全性が確保される。相対スキュー値を求めた後、それらの値がリンクの両側で交換され、送信されたフレームの始め間の間隔が、受信機によって測定される最悪ケース（最大）のスキュー値に限定された接続が確立される。フレームをきわめて大規模にすることができるので、リンクを介し、スキューを懸念することなく、最大リンク帯域幅で大量のデータを送信することが可能である。さらに、大規模なデータ・フレームを使用する場合、所与のリンクについてフレームの始め間の間隔を最悪ケースのスキュー値に限定する帯域幅限定効果を最小限に維持することができる。

【0021】本発明にしたがい、フレーム・グループの一部であるフレームについて、損傷したヘッダをもつフレームを拒否し、再伝送する方法を説明する。損傷したヘッダをもつ情報フィールドのない制御フレーム・グループを拒否する必要はなく、受信されるフレーム・グループの単一の損傷していないフレームだけに基づいて、コマンドを実行することができる。

【0022】

【実施例】まず、図1には、2つのコンピューティング要素102、104間の物理リンクが示されている。これらの要素はたとえば、2台のコンピュータ、またはコンピュータと共用メモリ装置とすることができる。いずれの場合も、コンピューティング要素102、104は、光ファイバ・バス108からなるシステム間チャネル・リンク106によって接続される。光ファイバ・バス108は複数のファイバ対110で形成されている。各ファイバ対は、2つの光ファイバから構成されている。このうち1つは情報を送信するものであり、1つは情報を受信するものである。任意の数のファイバ対を使用できるが、システム間チャネルの典型的な値は、2の累乗である1ないし64個のファイバ対の範囲である。光ファイバ・バス108のファイバ対110は、バスの対向する端に配置されたトランシーバ112、114を

介してコンピューティング要素102、104に結合される。トランシーバ112、114のそれぞれは、送信機装置と受信機装置を含む。これらの両方について、以下に詳述する。

【0023】データは送信側コンピューティング要素中の発信元バッファ116から、リンクを介して送信される。すると、受信されたデータが収集され、受信側コンピューティング要素中の受信側バッファ118に一時的に記憶される。図1の各コンピューティング要素には1つのバッファを示してあるが、コンピューティング要素は、確立するリンクの数および種類に応じて、様々な数の発信元または受信側バッファを動的にセット・アップできることを理解すべきである。バッファ116、118は、「ストア・スルー」タイプにすることができる。すなわち、これらのバッファは、アンロードする前に充填しておく必要はない。この種のバッファリングには、送信および受信待ち時間が短いという利点がある。

【0024】送信される情報は、光ファイバ・バス108を形成するファイバ対110間で分割される。情報は、フレームの形式で発信元バッファ116から受信側バッファ118に送信される。各フレームは、光ファイバ・バス108の単一のファイバ上で転送される。リンクの構成およびバッファの構造についての詳細はそれぞれ、関連出願の米国特許願第07/839657号および米国特許願第07/839652号に記載されている。これらの出願は両方とも、本願と同じ出願人に譲渡され、本願と同じ日付に出願されている。

【0025】典型的なフレームのフォーマットを図2に示す。各フレームは、リンク制御ワード(LC)202から開始する。リンク制御ワード202中の様々なフィールドは、フレームのフォーマットおよびタイプを識別し、バッファ領域を指定すると共に、トランシーバおよびリンクの状態を制御する。

【0026】リンク制御ワードの次に、リンク制御CRC(巡回冗長検査)ワード(LCCRC)204がある。リンク制御CRCワード204は従来、リンク制御ワード中の値から生成されている。リンク制御CRCワードは、受信機で、着信フレームのリンク制御ワードの妥当性をテストするために検査される。

【0027】制御フレームおよび情報フレームという2種類のフレームがある。制御フレームでは情報フィールドは必要とされない。制御フレームは、リンク制御ワードおよびリンク制御CRCワードだけから構成される。情報フレームは、リンク制御ワード202、リンク制御CRCワード204、および情報フィールド206を有する。情報フィールドはたとえば、1ないし1024個のワードを含む。情報フィールドは、情報をリンクの一方の端にあるバッファから他方の端にあるバッファ領域まで送信するために使用される。

【0028】情報フィールドの次に、情報フィールドC

RCワード(IFCRC)208がある。情報フィールドCRCワードは従来、情報フィールド中の値から生成されている。情報フィールドCRCワードは、受信機で、着信フレーム中の情報フィールドの妥当性をテストするために検査される。

【0029】関連情報は、作動可能リンクの各トランシーバごとに1つの、複数のフレームに入力することができる。これらのフレーム(「フレーム・グループ」と呼ぶ)は同時に送信される。グループ中のフレームは、作動可能リンク中のトランシーバの数と同じ数にすることができる。図3は、典型的なフレーム・グループ302を示す。フレーム・グループを使用すれば、単一の光ファイバ帯域幅の倍数である帯域幅で送信することが可能である。なぜなら、リンクを介して複数のフレーム(1ファイバ当たり1つ)が送信されるからである。

【0030】各フレーム・グループ中のリンク制御ワードは、順序番号を備えていないが、後のおよび前のフレーム・グループとインタロックされている。インタロックは、多数の異なる方法で実行することができる。たとえば、各伝送は要求から開始し、次にデータを、その次に肯定応答を送信することが可能である。これらの種類の伝送のそれぞれは、固有のリンク制御ワードを有している。さらに、リンク制御ワード内で送信側または受信側バッファ・アドレスを送信することができる。各バッファからの(各バッファへの)データ伝送はそれぞれ異なるリンク制御ワードをもつ。

【0031】好ましい実施例では、同じバッファおよび同じ種類のフレーム・グループと関連するフレームは、同じリンク制御ワードをもつ。たとえば、所与のメッセージが16個のデータ・フレームを含むことができ、このうち15個が同じLCを有し、1個がバッファ領域の始めを示すビットを含むという点で異なるLCをもつものと仮定する。この場合、同じLCをもつ15個のデータ・フレームの中で脱落したフレームは、それぞれの受信されたフレーム・グループを比較することによって検出できるとは限らない。その代わり、次のフレーム・グループ(異なる種類であり、異なるLCをもつ)に属するフレームが受信されているので、前回のフレーム・グループ中のLCの比較によって問題が検出されるか、あるいはスキュー・タイマが満了する(後述)。いずれの場合も、受信機は、バッファ領域についてすべてのデータが受信されたわけではないことを検出する。これは、実際に受信されたバイトの総数と、あらゆるLCの一部として含まれる総送信済みバイト・カウントを比較することによって実行される。

【0032】別の実施例として、送信機は各フレーム・グループ中のリンク制御ワードが相互に同じであるが、直前または直後のフレーム・グループと異なることを確認する。

【0033】発信元バッファからの情報は、リンクを介

し、1つまたは複数のフレーム・グループで送信される。複数のフレーム・グループを使用して1つのバッファの内容を伝送する際、フレーム・グループは、バッファ中のワードの昇順に対応する順序で送信することができる。たとえば、下位番号のワードのグループは、上位番号のワードのグループよりも前に送信される。作動可能リンクが複数のトランシーバを含む場合、バッファの内容は、トランシーバごとにワード単位で送信される。すなわち、ワードは、トランシーバ（したがってファイバ）間で分配され、リンク中のトランシーバの数をモジュロする（たとえば、トランシーバ0は、4トランシーバ作動可能リンク中のワード0、4、8、12を有する）。

【0034】図3中の1つのLCなどの、フレーム・グループのリンク制御ワードでエラーが発生すると、損傷したフレーム・グループは不完全であり、破棄しなければならない場合がある。残りのリンク制御ワードのうち1つまたは複数が有効である場合、拒否信号が送信され、フレーム・グループが再送信される。拒否信号は、以下のことに基づきフレーム・グループに対して送信することができる。

1. 有効なリンク制御ワードを含むフレームが受信され、情報が無効だった。
2. 無効なリンク制御ワードをもつ1つまたは複数のフレームを含むフレーム・グループが受信され、フレーム・グループの少なくとも1つのフレームが有効なリンク制御ワードを有していた。

【0035】リンク制御ワードは、以下の条件が真であるときに無効とみなされる。

1. リンク制御ワードまたはリンク制御CRCワードを受信している間に、無効な伝送コードが検出された。
2. リンク制御ワードに無効なリンク制御CRCワードがある。

【0036】トランシーバ上で無効なリンク制御ワードが検出されると、伝送モードに応じて、以下の処置のうち1つが取られる。

1. フレーム・グループ中のあらゆるリンク制御ワードが無効であるとき、フレーム・グループ全体が破棄され、要求に対してタイムアウトが発生する。

2. フレーム・グループ中のリンク制御ワードのうち1つが有効であるとき、以下の処置のうち1つが取られる。

A. 分散されたフレーム・グループについては、有効なリンク制御ワードから拒否信号が生成され、作動可能リンク上のあらゆるトランシーバ上の送信元に返される。分散されたフレーム・グループは、図3に示す、フレーム・グループの各情報フィールドに異なる情報を含む。

B. 複製されたフレーム・グループについては、有効なリンク制御ワードを使用して動作が実行される。複製されたフレーム・グループは情報フィールドを有してお

ず、図9に示すように、すべてのリンク制御ワードが同じである。

C. また、送信元に応答が返されないので、要求に対してタイムアウトが発生する。

【0037】情報フィールドは、以下の条件のうち1つが真であるとき、有効とみなされる。

1. 情報フィールドまたは情報フィールドCRCワードを受信している間に無効な伝送コードが検出された。
2. 情報フィールドに無効な情報フィールドCRCワードがある。

【0038】フレームに有効なリンク制御ワードと無効な情報フィールドがあるとき、フレーム・グループのあらゆるトランシーバ上の送信元に拒否信号が返される。

【0039】伝送モードが分散フレーム・グループであるとき、作動可能リンク上の各トランシーバは同じ数の情報フィールド・ワードを受信する必要がある。LCCRCエラー、IFCRCエラー、及びリンク制御フィールド・エラーもないが、フレーム・グループの各フレーム中のワードの数が同じでないとき、作動可能リンクのあらゆるトランシーバ上で拒否信号が送信される。

【0040】拒否が認識されると、識別された情報が、第1のワードから始まる情報領域全体について再送信される。これによって、フレームを送信している動作のエラーを示さずに、情報を再送信することができる。ある領域について拒否信号が繰り返して受信され、再送信しきい値に達した場合、その領域の再送信は行われず、エラーが報告される。

【0041】作動可能リンクのトランシーバのうち1つが拒否条件を検出すると、作動可能リンクのあらゆるトランシーバ上で拒否信号が返される。この設計を使用することによって、情報フィールドのエラーとリンク制御ワードのエラーは、直列／並列バス上の断続的エラーとして回復される。

【0042】本発明の1つの実施例によれば、バスの各搬送体用のトランシーバはファイバの各端で非同期的に同期化を実行する。したがって、共通クロックは不要になる。当技術分野では、単一の導体上で直列データとして送信されるフレームを同期化する様々な手段が周知であるが、本明細書では詳細な説明を省く。そのような同期化手段の一例は、米国特許第4970714号に記載されており、本出願人に譲渡されている。

【0043】各ファイバと、それに関連する送受信ハードウェアは、スキューの原因となる異なる伝搬特性を有している。スキューとは、最高速ファイバと最低速ファイバの間の伝搬時間の変動である。ファイバ上でフレームの始めが受信されると、受信機は、フレーム・グループを完全に受信したか否かの検査を開始し、受信されたデータ・フレームを受信側バッファで再アセンブルする。受信機は、個々のフレームの到着時間とリンク制御ワードの内容によってどのフレームがフレーム・グループ

ブの一部であるかを判断する。フレーム・グループに、確立されているスキュー・ウィンドウ内に受信されないフレームがある場合、またはスキュー・ウィンドウ内に受信されたリンク制御ワードが同じでない場合、スキュー・エラーが認識される。

【0044】本発明の1つの実施例によるスキュー規則では、有効なメッセージを受信するためにフレーム・グループのあらゆるフレームを受信しなければならないスキュー・ウィンドウが設定される。この規則ではまた、1つのフレーム・グループのフレームが他のフレーム・グループのフレームと混同されないように一連のフレーム・グループを送信できる速度が設定される。さらに、所与のフレーム・グループ内でリンク制御ワードに矛盾がないか否かが検査されるので、システムは「脱落フレーム」効果から保護される。

【0045】所与のリンクについては、受信機で測定されるフレーム・グループのスキューは、ランダム・スキュー (RSKEW) 構成要素をプラスまたはマイナスする分だけ変動する。最大RSKEW構成要素はリンク・ハードウェアの設計によって設定されるが、システミック・スキュー (SSKEW) 構成要素は主として光ファイバの設置によって決まる。本発明の1つの実施例によれば、総スキュー (光構成要素およびランダム構成要素) の測定がリンクの初期化時に行われるので、総スキューが、設定された限界を超えることはなく、さらに共通のフレーム・グループに属するフレームは、そのようなフレームとして受信機に適切に識別される。

【0046】本発明の1つの実施例による典型的な送信機装置を図4に示す。4トランシーバ・リンクが示されている。個々の送信機 (各光ファイバ・搬送体ごとに1個) は、XMIT0 402、XMIT1 404、XMIT2 406、およびXMIT3 408として示してある。図4の送信機は、選択された送信部分をゲート・アウトすれば、4つよりも少ない (たとえば、3つ、2つ、または1つの) 搬送体で動作できることを理解すべきである。

【0047】XMIT0 402の内部構造が示されている。各送信機は、データ経路だけでなく、フレーム生成を開始するSTART 410という名前の入力を有している。各送信機はまた、現在のフレーム送信が終了し、スキュー待ち時間が経過したことを示すREADY 412という出力も有している。

【0048】各送信機内に、リンク初期化時に初期化されるWAITレジスタ414がある。WAITレジスタ414中の値は、リンク制御ワード (LC) 間に送信しなければならないワードの数である。WAITレジスタ414は、3入力マルチプレクサ (MPX) 416に接続されている。MPX 416の出力は、待ち状態カウンタ・レジスタ (WCNTR) 418に接続されている。WCNTR 418の出力は、減分機構 (1) 420と、WCNTR 418の値ゼロを検出する8入力NAND回路 (=0) 422に接続され、さらにMPX 416入力

(AないしC) の第1の入力 (A) に再び接続されている。減分機構420の出力は、MPX 416の第3のデータ入力 (C) に接続されている。

【0049】4つの送信機がすべて準備を完了する (すなわち、すべての送信機が遊休状態であり、最小LCワード間隔時間が経過する) と、チャンネルは、START線410を1サイクルの間オンにすることによってフレームを開始する。この線によって、各送信機はフレーム送信を開始する。アウトバウンド・フレーム状態マシン (OFSM) 424がLC (線426に示された) を送信すると、END 428およびMET430シフト・レジスタ・ラッチ (SRL) がリセットされ、WAITレジスタ414中の値がMPX 416およびWCNTR 418を介してゲートされる。リンク上でワードが送信されると、データ要求線 (DR) 432が活動状態になり、WCNTR 418が減分機構420およびMPX 416回路を介して減分される。フレームの終り (EOF) は、WCNTR 418がゼロに達する前、ゼロに達している間、またはゼロに達した後に活動状態になることができる。EOF線434がEND SRL 428をセットし、8入力NAND回路422がMET SRL 430をセットする。両方のSRL 428、430がオンであるときは、AND回路436の出力が活動状態であり、そのトランシーバ用の次のフレームの始めのためのすべての条件が満たされている。

【0050】送信機からのREADY線412がRDY0 438、RDY1 440、RDY2 442、およびRDY3 444のSRLをセットする。これらのSRLの出力は4入力AND回路446に接続されている。4つのRDY SRLがすべてセットされると、AND回路446の出力は、4個の送信機がすべて、次のフレームの開始準備を完了していることを示す。このAND回路446の出力も、RDY SRL 438ないし444のリセットに使用される。

【0051】本発明の1つの実施例による典型的な受信機装置を図5に示す。4トランシーバ・リンクが示されている。受信機は、RCV0 502、RCV1 504、RCV2 506、およびRCV3 508として示されている。各受信機からのデータ経路560 (AないしD) は、受信機によって検出された現行LCを含む。対応する受信機によって新しいLCが検出されるたびに、出力線510 (AないしD) が1サイクルの間活動状態になる。データ経路560 (AないしD) の内容は、ゲートされた比較論理機構 (COMPARE) 562によって比較され、また、マルチプレクサ (MPX) 564によって選択される。

【0052】セット・リセット・ラッチ (S-Rラッチ) V0 528、V1 530、V2 532、およびV3 534は、受信機からのそれぞれの出力線510 (AないしD) によってセットされる。受信機が新しいLCを検出すると、対応するS-Rラッチ528ないし534がセットされる。4つのS-Rラッチ528ないし534はMPX 564を制御する。これらのラッチ528ないし534は、先入れ

先出しバッファ(FIFO) 568、4入力ANDゲート(A) 538、および4入力ORゲート(O) 536への入力である。4つのORゲート570ないし576はそれぞれ、2つの入力をもつ。一方の入力は、対応する1つの受信機からの出力線510(AないしD)であり、他方の入力はS-Rラッチ528ないし534のうちの対応する1つのラッチの出力である。これらのORゲート570ないし576の出力は、COMPARE 562に発信され、どのデータ経路が一致するかが判断される。

【0053】 スキュー測定機能は、第2のマルチプレクサ(MPX) 512から供給されるカウンタ(SCNTR) 518によって実行される。第2のマルチプレクサ512は、ゼロ値514または増分された値(+1) 516をカウンタ(SCNTR) 518にゲートする。SCNTR 518は8ビット・レジスタである。SCNTR 518の出力は、等号比較回路(=) 588および増分機構(+1) 516に供給される。等号比較回路588への他方の入力は、レジスタ(SKEW) 594の出力からのものである。SCNTR 518中の値がSKEW 594中の値に等しいとき、等号比較回路588の出力は活動状態である。SKEW 594中の値は、線596上のマイクロプロセッサによって設定される。

【0054】 FIFO 568は、1つの受信機から選択されたLCを、どの受信機がLCを検出したかを説明する要約情報と共に記憶する。FIFO 568への書込み線586は、4入力または(O) 回路598によって制御される。マイクロプロセッサは、読取り線584を活動化することによってデータ・バス590上でFIFO 568中の項目を読み取る。

【0055】 送信機装置の場合と同様に、どの搬送体用の受信機でも、制御レジスタを介したマイクロプロセッサの制御のもとでシステムからゲートすることができる。

【0056】 図5に示す本発明の1つの実施例による典型的な受信機装置の動作は、少なくとも1つの受信機がLCを受信することから始まり、FIFO 568への書込み動作で終了する。1つまたは複数の受信機RCVO 502、RCV1 504、RCV2 506、およびRCV3508によって第1のLCが受信されると、対応するS-Rラッチ528ないし534がセットされる。OR回路536の出力が活動化され、SCNTR 518の増分が開始する。4つのLCがすべて受信されると、4つのS-Rラッチ528ないし534がすべてセットされ、ANDゲート538の出力が活動状態(HIGH)になる。この出力はインバータ580に供給され、さらにANDゲート540に供給される。したがって、ANDゲート538が活動状態(HIGH)になると、ANDゲート540の出力が非活動化され(LOW)、さらにANDゲート540およびORゲート599を介してSCNTR 518が停止される。すべてのLCが受信され、それらがすべて等しいと判断される(COMPARE 562によって検出される) と、ANDゲート582の出

力が活動状態になる。この出力はORゲート598に供給され、ORゲート598はFIFO 568への書込みを発生させる。MPX 564からのLCだけでなく、どの受信機がLCをもっているかを説明する要約情報もFIFO 568に記憶される。

【0057】 LCがリンク上の伝送雑音によって損傷した場合、受信機では検出されない。この状態が発生すると、AND回路538の出力は活動化されず、SCNTRはカウントを続ける。このカウントは、値がSKEW 594中の値に達するまで続く。該値に達した時点で、等号比較回路588の出力が、活動状態になり、ORゲート598に供給され、ORゲート598はFIFO 568への入力を発生させる。この状況では、FIFO 568中の情報は、どの受信機がLCを受信しなかったかを示す。

【0058】 LCの損傷による他の可能な結果は、2つの異なるフレーム・グループが重なって見えることである。2つのフレーム・グループが最小LC間隔で受信機に達し、第1のグループの第1のフレームが損傷し、破棄されるものと仮定する。この場合、ORゲート536の出力の活動化は、第1のフレーム・グループの次のLCが受信されるまで遅延される。また、この遅延によって、SCNTR 518は通常よりも遅れて開始される。すべての損傷していないLCが受信された後、SCNTR518はそのまま動作し続ける。この時点で、第2のフレーム・グループの第1のフレームが到着することができる。COMPARE 562の入力時にこのフレームのLCが他のLCと異なる場合、COMPARE 562の出力が活動化される(それらのLCが2つの異なるフレーム・グループのものであることを示すLCのnon-compareがあるので)。インバータ(N) 566はnon-compareを検出し、それがORゲート598に供給され、ORゲート598はFIFO 568への入力を発生させる。要約情報は、LCと、このLCを検出した受信機を示す。ORゲート570ないし576の動作はS-Rラッチ528ないし534によって発生した遅延をバイパスするので、non-compareを発生させたLCは要約情報に含まれなくなる。

【0059】 ORゲート592は、ANDゲート544ないし550から入力を受信する。ANDゲート544ないし550の各々は、それぞれの受信機が、LCを、前のLC(同じ受信機からの)がFIFO 568に入力される前に受信したか否かを検出する。具体的に言うと、ANDゲート544ないし550は、S-Rラッチ528ないし534がリセットされる前に新しいLCがいつ受信されたかを検出する(それぞれ、線510AないしDで示される)。この状況は、受信機にデータを供給する送信機が初期化時に確立されたスキュー規則に従わない場合にだけ発生する。ORゲート592の出力はORゲート598に供給され、それによってFIFO568への入力が行われる。要約情報は、ORゲート592の出力を含む。

【0060】前述のあらゆる状況では、FIFO 568入力が行われるたびに、S-Rラッチ528ないし534がリセットされる。LC non-compareの場合、リセット線が活動状態である場合でも、non-compareを発生させた受信機用のS-Rラッチがセットされる。このように動作するのは、S-Rラッチのセット機能がリセット機能を無効にするからである。また、FIFO 568入力が行われるたびに、ORゲート599およびMPX 512の動作によってS CNTR 518はゼロにリセットされる。

【0061】図4の送信機402ないし408が共通クロックでは同期化されないことに留意されたい。同様に、受信機502ないし508も共通クロックで相互に同期化されることはない。その代わり、リンクが確立されるたびに、送信機と受信機の対は、リンクの唯一の搬送体によって接続される場合と同様に、非同期式に相互の同期化を実行する。さらに、受信機502ないし508はフレーム自体の受信と、前述のスキュー規則およびLC検査とを使用し、同じフレーム・グループ内のフレームがそのようなフレームであると適切に識別されるようにする。本発明の利点として、これによって、ハードウェアの同期化が不要になる。

【0062】本発明の1つの実施例によるスキュー・テスト／測定手順の流れ図を図6に示す。

【0063】スキュー測定を実行するときは、任意のトランシーバがリンク上でスキュー・テスト要求(STR)制御フレーム602(または複製されたSTR制御フレーム)を送信することができる。「複製される」ということは、所与のフレーム(たとえば、STRフレーム)の同一のコピーが所与の搬送体上で2.5ワード・タイム伝送ウィンドウ内で送信されることを意味する。スキュー・テスト要求フレームは、それをSTRとして識別するリンク制御ワードを含む。リンクの両側のノードは、同時にスキュー・テスト要求を送信することができる。この場合、上位アドレスをもつノードがマスタとなり(すなわち、スキュー測定手順を制御する)、下位アドレスをもつノードがスレーブとなる。1つのノードだけがSTRフレームを送信する場合、相対ノード・アドレスとは無関係に、そのノードがマスタとなり、受信側がスレーブになる。

【0064】スキュー・テスト要求フレームがスレーブ受信機装置の受信機のうち1個によって受信される(そして、マスタ・スレーブ関係が確立される)と、スレーブ受信機装置はスキュー測定モードになり(それによって、内部論理機構が後述のように応答する)、スキュー・カウンタ値をゼロにリセットし、スキュー・レジスタ594を所定の初期値(たとえば255)に設定する。しかし、所与のシステムによる実際の経験に基づき、他の初期値も選択できることを理解すべきである。次に、スレーブ・ノードは、複製されたスキュー・テスト応答制御フレーム604を送り返す。このフレームは、スレ

ーブがスキュー測定手順を開始する準備を完了したことをマスタに示す。

【0065】マスタ受信機装置は、スキュー・テスト応答フレームの受信に応じて、スキュー測定モードになり、それ自体のスキュー・カウンタをゼロにリセットし、スキュー・レジスタ594に初期値(たとえば255)をロードして、スキュー測定要求(SMR)制御フレーム606を送信する。

【0066】第1のスレーブ受信機502ないし508が第1のスキュー測定要求フレームを受信すると、スレーブ受信機装置は、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内にすべてのフレームが到着したか否かを判断する。スキュー値内に到着していないフレームがある場合、受信機装置のマイクロプロセッサは、FIFO 568中の要約情報を検査し、どのフレームが遅延したか(すなわち、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内に受信されなかった)を判断する。遅延フレームを検出した受信機は、ゲート・アウトされ、以後のスキュー・テストでは使用されない。これらの受信機のIDおよびスキュー・レジスタ値は、後で使用するために、マイクロプロセッサ・ローカル記憶域に記憶される。次に、スキュー・レジスタに新しい値(たとえば254)がロードされると、スレーブは、すべての搬送体(受信機がゲート・アウトされた搬送体を含む)上のリンクを介して、複製されたスキュー測定応答制御フレームを送信する。

【0067】スキュー測定応答フレームはマスタ受信機装置に対して、スキュー測定要求フレームがスレーブ受信機装置に及ぼす効果と同じ効果を与える。具体的に言うと、マスタは、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内にどのフレームが受信されたかを判断し、遅延受信機をアウトゲートして、スキュー・レジスタに新しいスキュー値をロードする。この動作が実行されると、マスタは、すべての搬送体上のリンクを介して、複製されたスキュー測定要求フレームを送信する。

【0068】スレーブ受信機装置は、このスキュー測定要求フレームの受信に応じて、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内にすべてのフレーム(ゲート・アウトされていない受信機上で受信されたもの)が到着したか否かを判断する。スキュー値内に到着していないフレームがある場合、受信機装置のマイクロプロセッサは再び、FIFO 568中の要約情報を検査し、どのフレームが遅延したかを判断する。遅延フレームを検出した受信機は、ゲート・アウトされ、以後のスキュー・テストでは使用されない。ゲート・アウトされた受信機のIDは、後で使用するために、マイクロプロセッサ・ローカル記憶域に記憶される。次に、スキュー・レジスタに新しい値(たとえば253)がロードされると、スレーブは、すべての搬送体(受信機がゲート・アウトされた搬送体を含む)上のリンクを介して、複製された

スキュー測定応答制御フレームを送信する。

【0069】前述のプロセスは、リンクの両側の各受信機について相対スキュー値が求められるまで（すなわち、1個を除くすべての受信機がゲート・アウトされるか、あるいはスキュー・レジスタが減分されてゼロになるまで）、反復的に継続する（たとえば614回）。スレーブは、すべての受信機について相対スキューを測定すると、測定が完了したことを示すビットをスキュー測定応答フレーム616にセットする。マスタは、リンクの両側のスキュー測定が完了したことを判断すると、リンクを介してスキュー結果要求（SRR）制御フレーム622を送信する。スレーブは、この動作に応じて、リンクを介してスキュー結果応答制御フレーム624（各搬送体ごとに1つ）を送り返す。これらのフレームは、スレーブ受信機についての測定されたスキュー値を含む（たとえば、搬送体0=1、搬送体1=0、搬送体2=6、搬送体3=2）。各スキュー値は、ワード伝送回数を示す（たとえば、2=2ワード伝送回数）。スキュー測定はすべて、最高速搬送体に相対されていることを理解すべきである。したがって、最高速搬送体（すなわち、リンクを介して最初に到着するもの）はつねに、相対スキュー値ゼロを有する。スキュー結果応答で返されるスキュー値は、各測定に追加される埋込み値を含むこともできる。この埋込み値を使用すれば、ランダム・スキュー（ジッタ）を補償することができる。

【0070】スキュー結果応答フレームが受信されると、マスタはトランシーバ・グループ確立（ETG）制御フレーム626を送信することができる。この要求は、発信元（マスタ）ノードによって、受信側（スレーブ）ノードでの1組のトランシーバから応答を得て、スレーブでの目的リンク（通信の確立に使用される1組の搬送体）をセットするために使用される。要求は、スキュー・テストに合格したすべての搬送体（たとえば、相対スキュー値254以下をもつ）上で複製されたフレームとして送信される。ETG要求のパラメータ・フィールドは、マスタ受信機によって求められるスキュー値のうち最大の値を含む。マスタはまた、スレーブと同様に埋込み値を追加することができる（スキュー結果応答を送信する際に）。この値は、スレーブによって送信されるフレーム・グループに必要なリンク制御ワード間間隔を決定する。

【0071】スレーブは、ETG要求に応じて、ETG応答フレーム628（ETG要求が受信された搬送体上で複製した）を送信する。マスタ・ノードは、ETG応答を検査し、該応答が、ETG要求を送信した各搬送体上で受信されたことを確認する。マスタ・ノードが、目的リンクのあらゆるトランシーバ上でETG応答を受信すると、ETGフレームによって指定された搬送体を使用してリンクが確立される。ETG応答を受信していないトランシーバがある場合、作動可能な搬送体を備えた

搬送体のサブセットを使用してリンクが再試行または確立される。その場合、マスタはスレーブに他のスキュー結果要求を送信し、スレーブは、すでに測定されているスキューで再び応答する。最小フレーム間隔を求めるためには、目的リンク搬送体上の最大スキューだけが使用される。

【0072】本発明の1つの実施例による代替スキュー・テスト／測定手順の流れ図を図9に示す。NDはノード記述子であることに留意されたい。

【0073】スキュー測定を実行するとき、トランシーバは、リンク上でスキュー測定テスト要求（SMR）制御フレーム906（または複製されたSMR制御フレーム）を送信することができる。「複製される」ということは、所与のフレーム（たとえば、SMRフレーム）の同一のコピーが所与の搬送体上で2.5ワード・タイム伝送ウィンドウ内で送信されることを意味する。スキュー測定要求フレームは、それをSMRとして識別するリンク制御ワードを含む。マスタであるノードだけがスキュー測定要求を送信することができる。マスタであるか否かは、上位アドレスをもつノードであるか否かによって判断することができ（マスタは、スキュー測定手順を制御する）、下位アドレスをもつノードがスレーブとなる。あるいは、設計規則によって割り当てられることも可能である。

【0074】スキュー測定要求フレームがスレーブ受信機装置の受信機のうち1個によって受信される（そして、マスタ・スレーブ関係が確立されると、スレーブ受信機装置はスキュー測定モードになり（それによって、内部論理機構が後述のように応答する）、スキュー・カウンタ値をゼロにリセットし、スキュー・レジスタ594を所定の初期値（たとえば255）に設定する。しかし、所与のシステムによる実際の経験に基づき、他の初期値も選択できることを理解すべきである。次に、スレーブ・ノードは、複製されたスキュー・テスト応答制御フレーム908を送り返す。このフレームは、スレーブがスキュー測定手順を開始する準備を完了したことをマスタに示す。

【0075】マスタ装置がスキュー測定応答フレームを送信すると、マスタ受信機装置もスキュー測定モードになり、それ自体のスキュー・カウンタをゼロにリセットし、スキュー・レジスタ594に初期値（たとえば255）をロードして、スキュー測定要求（SMR）制御フレーム910を送信する。

【0076】第1のスレーブ受信機502ないし508が第1のスキュー測定要求フレームを受信すると、スレーブ受信機装置は、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内にすべてのフレームが到着したか否かを判断する。スキュー値内に到着していないフレームがある場合、受信機装置のマикроプロセッサは、FI F0 568中の要約情報を検査し、どのフレームが遅延した

か(すなわち、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内に受信されなかった)を判断する。遅延フレームを検出した受信機は、ゲート・アウトされ、以後のスキュー・テストでは使用されない。これらの受信機のIDおよびスキュー・レジスタ値は、後で使用するために、マイクロプロセッサ・ローカル記憶域に記憶される。次に、スキュー・レジスタに新しい値(たとえば254)がロードされると、スレーブは、すべての搬送体(受信機がゲート・アウトされた搬送体を含む)上のリンクを介して、複製されたスキュー測定応答制御フレームを送信する。

【0077】スキュー測定応答フレームはマスタ受信機装置に対して、スキュー測定要求フレームがスレーブ受信機装置に及ぼす効果と同じ効果を与える。具体的に言うと、マスタは、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内にどのフレームが受信されたかを判断し、遅延受信機をアウトゲートして、スキュー・レジスタに新しいスキュー値をロードする。この動作が実行されると、マスタは、すべての搬送体上のリンクを介して、複製されたスキュー測定要求フレームを送信する。

【0078】スレーブ受信機装置は、このスキュー測定要求フレームに応じて、スキュー・レジスタ594によって示されたスキュー値内にすべてのフレーム(ゲート・アウトされていない受信機上で受信されたもの)が到着したか否かを判断する。スキュー値内に到着していないフレームがある場合、スレーブ受信機装置のマイクロプロセッサは再び、FIFO 568中の要約情報を検査し、どのフレーム・グループが遅延したかを判断する。遅延フレームを検出した受信機は、ゲート・アウトされ、以後のスキュー・テストでは使用されない。また、ゲート・アウトされた受信機のIDは、後で使用するために、マイクロプロセッサ・ローカル記憶域に記憶される。次に、スキュー・レジスタに新しい値(たとえば253)がロードされると、スレーブは、すべての搬送体(受信機がゲート・アウトされた搬送体を含む)上のリンクを介して、複製されたスキュー測定応答制御フレームを送信する。

【0079】前述のプロセスは、リンクの両側の各受信機について相対スキュー値が求められるまで(すなわち、1個を除くすべての受信機がゲート・アウトされるか、あるいはスキュー・レジスタが減分されてゼロになるまで)、反復的に継続する(たとえば914回)。スレーブは、すべての受信機について相対スキューを測定すると、測定が完了したことを示すビットをスキュー測定応答フレーム916にセットする。マスタは、リンクの両側でのスキュー測定が完了したことを判断すると、リンクを介してスキュー結果要求(SRR)制御フレーム922を送信する。スレーブは、この動作に応じて、リンクを介してスキュー応答制御フレーム924(各搬送体上で1つ)を送り返す。これらのフレームは、スレ

ーブ受信機についての測定されたスキュー値(たとえば、搬送体0=1、搬送体1=0、搬送体2=6、搬送体3=2)と、マスタ受信機についての測定されたスキュー値(たとえば、搬送体0=1、搬送体1=2、搬送体2=0、搬送体3=1)を含む。各スキュー値は、ワード伝送回数を示す(たとえば、2=2ワード伝送回数)。スキュー測定はすべて、最高速搬送体に相対されていることを理解すべきである。したがって、最高速搬送体(すなわち、リンクを介して最初に到着するもの)はつねに、相対スキュー値ゼロを有する。スキュー結果で返されるスキュー値は、各測定に追加される埋込み値を含むこともできる。この埋込み値を使用すれば、ランダム・スキュー(ジッタ)を補償することができる。この埋込み値は、マスタが送信するフレーム・グループに必要なリンク制御ワード間間隔を決定する。

【0080】スキュー結果要求フレームが受信されると、スレーブはスキュー結果をテストし、リンクの両側において最大許容スキュー内であり、かつ許容目的作動可能リンクを構成する1組のトランシーバを判断する。このテストを満たす1組のトランシーバが作動可能リンクとなる。スレーブは、パラメータ・フィールド中のビットによって、作動可能リンクの非受諾を示すことができる。

【0081】スキュー結果要求フレームが受信されると、マスタはスキュー結果をテストし、リンクの両側において最大許容スキュー内であり、かつ許容目的作動可能リンクを構成する1組のトランシーバを判断する。このテストを満たす1組のトランシーバが作動可能リンクとなる。スレーブは、パラメータ・フィールド中のビットによって、作動可能リンクの非受諾を示すことができる。

【0082】SRR要求のパラメータ・フィールドは、マスタ受信機によって求められるスキュー値のうち最大の値を含む。マスタはまた、スレーブと同様に埋込み値を追加することができる(スキュー結果応答を送信する際に)。この値は、スレーブによって送信されるフレーム・グループに必要なリンク制御ワード間間隔を決定する。

【0083】本発明によるスキュー測定方法の利点として、システムック(SSKEW)およびランダム(RSKEW)要素を含む総スキューが求められるので、必要な信頼レベルに応じて必要な埋込み値を削減するか、あるいはいっさい不要にすることが可能である。このような実施例では、所与のスキュー値(スキュー・レジスタ594中の)での各搬送体の動作は、スキュー・テストをその値で多数回(たとえば100回)繰り返すことによって検証される。搬送体は、スキュー・テストに1度も合格しない(すなわち、複製されたフレームが、テストしたウィンドウ内で受信されない)場合、スキュー・レジスタで示されたテストしたスキュー・ウィンドウ内ではない

とみなされる。

【0084】リンクの受信側端から見たスキュー・テスト／測定手順の要約を図7および図10に示す。受信機装置は、ステップ702および1002でスキュー測定モードになった後、バス上のあらゆる搬送体についての相対スキューを測定する。ステップ704および1004においてリンクの両側で測定が実行された後、リンクを介して、測定された最悪ケースのスキュー値が交換される。スレーブ・ノードの場合、各搬送体の測定されたスキュー値は、リンクを介してマスタに送信される。最後に、ステップ706および1006で交換が完了した後、受信機装置は、スキュー・テスト／測定モードを終了し、システムまたはリンクからのコマンドを待つ。

【0085】受信機装置がフレーム・グループを受信し、検証するために用いる方法の要約を図8に示す。ステップ802で、受信機装置はフレーム・グループ中の第1のフレームを受信する。これに応じて、受信機装置はステップ804で、スキュー・カウンタを開始し、経過ワード時間を測定すると共に、経過時間を、確立されたリンクの最大測定スキュー値と連続的に比較する。すべてのフレームが受信される（またはエラーが検出される）前のある時点で、経過時間が最悪ケースのスキュー値と一致する場合（ステップ806で検出される）、ステップ808で、受信機装置が新しいフレーム・グループを受信するようにリセットされ（スキュー・カウンタのリセットを含む）、エラーが報告される。

【0086】これと並行して、ステップ810で、フレームが到着すると、リンク制御ワードが比較され、すべて同じであることが確認される。新たに到着したリンク制御ワードで、他の受信されたフレームのリンク制御ワードに一致しないものがある場合（ステップ812で検出される）、ステップ808でエラーが通知され、受信機装置が新しいフレーム・グループを受信するようにリセットされる。一致しないフレームは、新しいフレーム・グループの一部とみなされ、受信機によってそのようなフレームとして扱われる。

【0087】新たに到着したフレームのリンク制御ワードが一致する場合、ステップ814でテストが行われ、フレーム・グループ中のあらゆるフレームが受信されたか否かが判断される。このテストでは、受信機装置の制御レジスタによって示される活動状態搬送体が、受信されてリンク制御ワードが適切に一致しているフレームと比較される。まだ受信されていないフレームがある場合、ステップ816で、受信機は引き続き追加フレームが受信されるのを待ち、前述のように比較および時間測定プロセスを続行する。測定された最悪ケースのスキュー時間が経過する前にすべてのフレームが到着した場合、リンクの受信側端は完了を通知し、受信機は次のフレーム・グループを受信するようにリセットされる。

【0088】本発明の1つの実施例によるスキュー規則

を以下に要約して示す。

【0089】すべてのトランシーバは、フレーム・グループを送信するあらゆるドライバを介して2.5ワード伝送時間内にリンク制御ワード（LC）の送信を開始しなければならない。ワード伝送時間とは、情報ワード（32データ・ビットと、本発明における8ビット分のコード化情報）をラウンチ（リンク上への送信）するのにかかる時間の長さである。

【0090】単一のドライバ上のバック・ツー・バック・フレームのリンク制御ワードの始め間隔は、スキュー・テスト手順中に確立される値と離れた値でもかまわない。始め間隔は、トランシーバ・グループ確立要求、またはスキュー結果応答フレームで返される最大スキュー値に含まれる。また、始め間隔とは、スキュー結果要求に含まれる作動可能リンクについての最大スキュー値、またはスキュー結果応答フレームで返される作動可能リンクについての最大スキュー値である。

【0091】前のリンク制御ワードからの間隔が、前述の始め間隔よりも小さいリンク制御ワードが単一の受信機上で受信されると、そのフレームは、ORゲート592の機能によって説明されるように破棄される。

【0092】トランシーバは、各フレーム・グループのリンク制御ワードが、リンク上に第1のフレームが到着してから所定のタイム・スパン内に受信されたことを確認する。タイム・スパンの長さは、スキュー・テストによって求められる最大測定（最悪ケースの）スキュー値で指定され、長期ジッタを許容するモデル依存値を任意選択的に埋め込むことができる。この検査は、送信または受信され、認識されたETG要求フレーム・グループによって定義される目的リンクのメンバであるトランシーバだけに実行される。代替方法を使用する場合、この検査は、スキュー結果要求およびスキュー結果応答によって定義される目的リンクのメンバであるトランシーバだけに実行される。

【0093】スキュー・エラーを備えたフレーム・グループを受信すると、そのフレーム・グループは適宜、拒否されるか、あるいは破棄される。スキュー検査で不合格となったトランシーバは、保守目的でログ・アウトされる。

【0094】尚、本願発明は、以下の構成から成っている。

(1) 複数の搬送体を備えた情報伝送媒体と、複数の送信機を含む送信機装置を備えた第1のノードと、それぞれが、1つの異なる搬送体を介して、前記送信機のうちの対応する1つに結合された複数の受信機を含む受信機装置を備えた第2のノードとからなり、前記受信機装置が、各搬送体上で相対スキュー値を測定し、第1のノードに最高スキュー値を提供する手段からなり、前記送信機装置が、搬送体上で、フレーム・グループとしてのフレームにリンク制御ワードを含む複数のフレームを並列

的に送信し、搬送体上で送信されるバック・ツー・バック・フレームの始め間の間隔が最高スキュー値を上回る値にならないようにする手段と、無効なリンク制御ワードがあり、フレーム・グループの少なくとも1つのリンク制御ワードが有効である場合に、拒否信号を送信し、フレーム・グループを再送信する手段とからなっていることを特徴とする通信システム。

(2) リンク制御ワードまたはリンク制御ワードCRC中の無効な伝送文字が無効な制御ワードを構成することを特徴とする(1)に記載の通信システム。

(3) 無効なリンク制御CRC値の検出が無効な制御ワードを構成することを特徴とする(1)に記載の通信システム。

(4) 繰り返し受信される前記拒否信号に基づき、拒否されたデータ領域を再送信し、前記拒否再送信を最大回数まで実行する手段を含むことを特徴とする(1)に記載の通信システム。

(5) 無効な情報フィールドがあり、フレーム・グループの少なくとも1つのリンク制御ワードが有効である場合に、拒否信号が送信され、フレーム・グループが再送信されることを特徴とする(4)に記載の通信システム。

(6) 情報フィールドまたは情報フィールドCRC中の無効な伝送文字が無効な情報フィールドを構成することを特徴とする(5)に記載の通信システム。

(7) 無効な情報フィールドCRC値が無効な情報フィールドを構成することを特徴とする(5)に記載の通信システム。

(8) 複数の搬送体を備えた情報伝送媒体と、複数の送信機を含む送信機装置を備えた第1のノードと、それぞれが1つの異なる搬送体を介して対応する1つの前記送信機に結合された複数の受信機を含む受信機装置を備えた第2のノードとを備え、前記受信機装置が、各搬送体上で相対スキュー値を測定し、第1のノードに最高スキュー値を提供する手段からなり、前記送信機装置が、搬送体上で、フレーム・グループとしてのフレームにリンク制御ワードを含む複数のフレームを並列的に送信し、搬送体上で送信されるバック・ツー・バック・フレームの始め間の間隔が最高スキュー値を上回る値にならないようにする手段と、複製されたグループが無効であるが、フレーム・グループの少なくとも1つのリンク制御ワードが有効である場合に、複製されたフレーム・グループのリンク制御ワードでコマンドを実行する手段とからなることを特徴とする通信システム。

(9) 複数のフレーム・グループがすべて所定のタイム・ウィンドウ内に送信されるようにする手段をさらに備えることを特徴とする(8)に記載の通信システム。

(10) 複数のフレーム中の第1のフレームがいつ受信されたかを判断し、複数のフレーム中の残りのフレームが、第1のフレームを受信してから、最高スキュー値に

よって定義される時間内に受信されたか否かを判断する手段を受信機装置が備えることを特徴とする(8)に記載の通信システム。

(11) 複数のフレーム中の第1のフレームがいつ受信されたかを判断し、複数のフレーム中の残りのフレームが、第1のフレームを受信してから、最高スキュー値に一定の埋込み値を加えた値によって定義される時間内に受信されたか否かを判断する手段をさらに備えることを特徴とする(8)に記載の通信システム。

(12) 各前記フレームがリンク制御ワードを備えており、前記受信機装置が、前記複数のフレームのリンク制御ワードが相互に同じであるか否かを判断する手段をさらに備えることを特徴とする(8)に記載の通信システム。

(13) 前記受信機装置が、受信されたフレームがすべて、第1のノードによって並列的に送信された複数のフレーム内のものであるか否かを判断するグループ判断手段を備えており、前記複数のフレームが、各フレームを、第1のグループの一部として並列的に送信されたフレームとして識別する順序番号を含まないことを特徴とする(8)に記載の通信システム。

(14) 第1および第2のノードがそれぞれプロセッサであり、各プロセッサが、中央処理装置と、前記中央処理装置に結合されたメイン・メモリと、前記メイン・メモリ、前記中央処理装置、および前記情報伝送媒体に結合された通信制御装置とからなることを特徴とする

(8)に記載の通信システム。

(15) 搬送体が光ファイバであることを特徴とする

(8)に記載の通信システム。

(16) 複数の搬送体を備えた情報伝送媒体と、複数の送信機を含む送信機装置を備えた第1のノードと、それぞれが1つの異なる搬送体を介して対応する1つの前記送信機に結合された複数の受信機を含む受信機装置を備えた第2のノードとからなり、前記受信機装置が、各搬送体上で相対スキュー値を測定し、第1のノードに最高スキュー値を提供する手段からなり、前記送信機装置が搬送体上で、フレーム・グループとしてのフレームにフレーム・ヘッダおよびリンク制御ワードを含む複数のフレームを並列的に送信し、搬送体上で送信されるバック・ツー・バック・フレームの始め間の間隔が最高スキュー値を上回る値にならないようにする手段と、フレーム・グループの一部であるフレームについて、損傷したヘッダをもつフレームを拒否し、再送信する手段とからなることを特徴とする通信システム。

【0095】

【発明の効果】本発明によって、光ファイバを使用して情報を伝達するデータ通信システムと、並列/直列バス用のエラー検出および回復手段に関するデータ通信システムが提供されることとなった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 2つのコンピューティング要素間の物理リンクのブロック図である。

【図 2】 典型的なフレームのフォーマットを示す図である。

【図 3】 典型的なフレーム・グループのフォーマットを示す図である。

【図 4】 典型的な送信機の論理図である。

【図 5】 典型的な受信機の論理図である。

【図 6】 スキュー・テスト手順の流れ図である。

【図 7】 リンクの受信側端から見たスキュー・テスト／測定手順についての簡単なフロー・チャートである。

【図 8】 本発明の 1つの実施例による、受信機でのフレーム受信およびフレーム・グループ安全性検査のフロー・チャートである。

【図 9】 代替スキュー・テスト手順の流れ図である。複数の図に示された同じ符号は同じ要素を指定している。

【図 10】 リンクの受信側端から見た代替スキュー・テスト／測定手順についての簡単なフロー・チャートである。

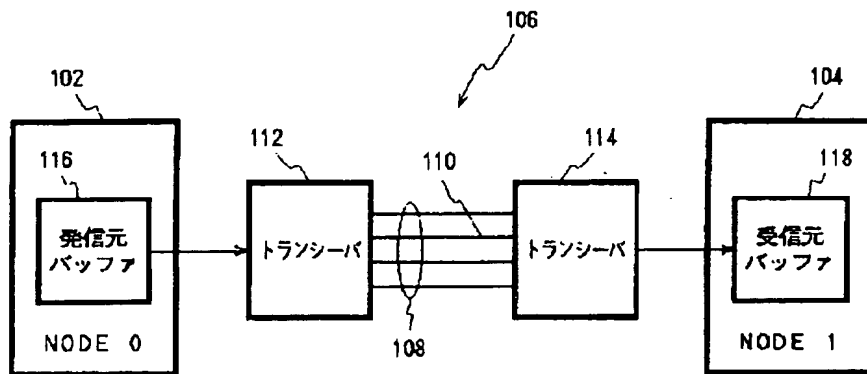
【図 11】 リンク制御ワードおよびリンク制御CRCワードだけから成る複製されたフレーム・グループの一例である。

【符号の説明】

102 コンピューティング要素
104 コンピューティング要素
106 チャネル・リンク
108 光ファイバ・バス
110 ファイバ対
112 トランシーバ
114 トランシーバ
116 発信元バッファ
118 受信側バッファ
202 リンク制御ワード
204 リンク制御CRCワード
206 情報フィールド
208 情報フィールドCRCワード
302 フレーム・グループ
402 送信機
403 送信機
404 送信機
405 送信機
406 送信機
407 送信機
408 送信機
416 マルチプレクサ

422 8入力NAND回路
428 シフト・レジスタ・ラッチ
430 シフト・レジスタ・ラッチ
436 AND回路
438 シフト・レジスタ・ラッチ
439 シフト・レジスタ・ラッチ
440 シフト・レジスタ・ラッチ
441 シフト・レジスタ・ラッチ
442 シフト・レジスタ・ラッチ
443 シフト・レジスタ・ラッチ
444 シフト・レジスタ・ラッチ
446 AND回路
502 受信機
503 受信機
504 受信機
505 受信機
506 受信機
507 受信機
508 受信機
512 マルチプレクサ
534 シフト・レジスタ・ラッチ
536 ORゲート
538 ANDゲート
540 ANDゲート
544 ANDゲート
545 ANDゲート
546 ANDゲート
547 ANDゲート
548 ANDゲート
549 ANDゲート
550 ANDゲート
562 比較論理機構
564 マルチプレクサ
570 ORゲート
571 ORゲート
572 ORゲート
573 ORゲート
574 ORゲート
575 ORゲート
576 ORゲート
582 ANDゲート
592 ORゲート
598 ORゲート
599 ORゲート

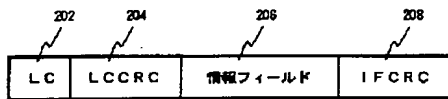
【図 1】



【図 11】

		トランシーバ
LC	CRC	0
LC	CRC	1
LC	CRC	2
LC	CRC	3

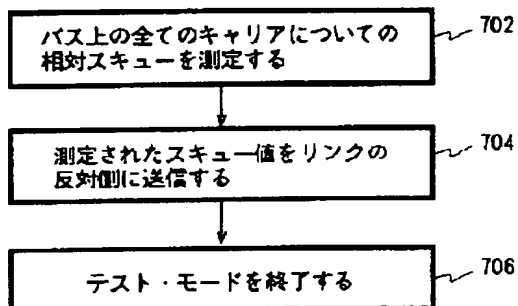
【図 2】



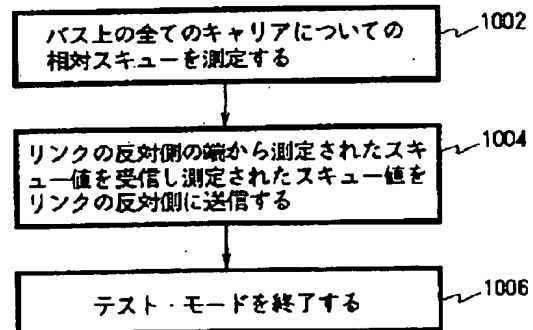
【図 3】

				トランシーバ
LC	LCCRC	情報フィールド	IFCRC	0
LC	LCCRC	情報フィールド	IFCRC	1
LC	LCCRC	情報フィールド	IFCRC	N-1

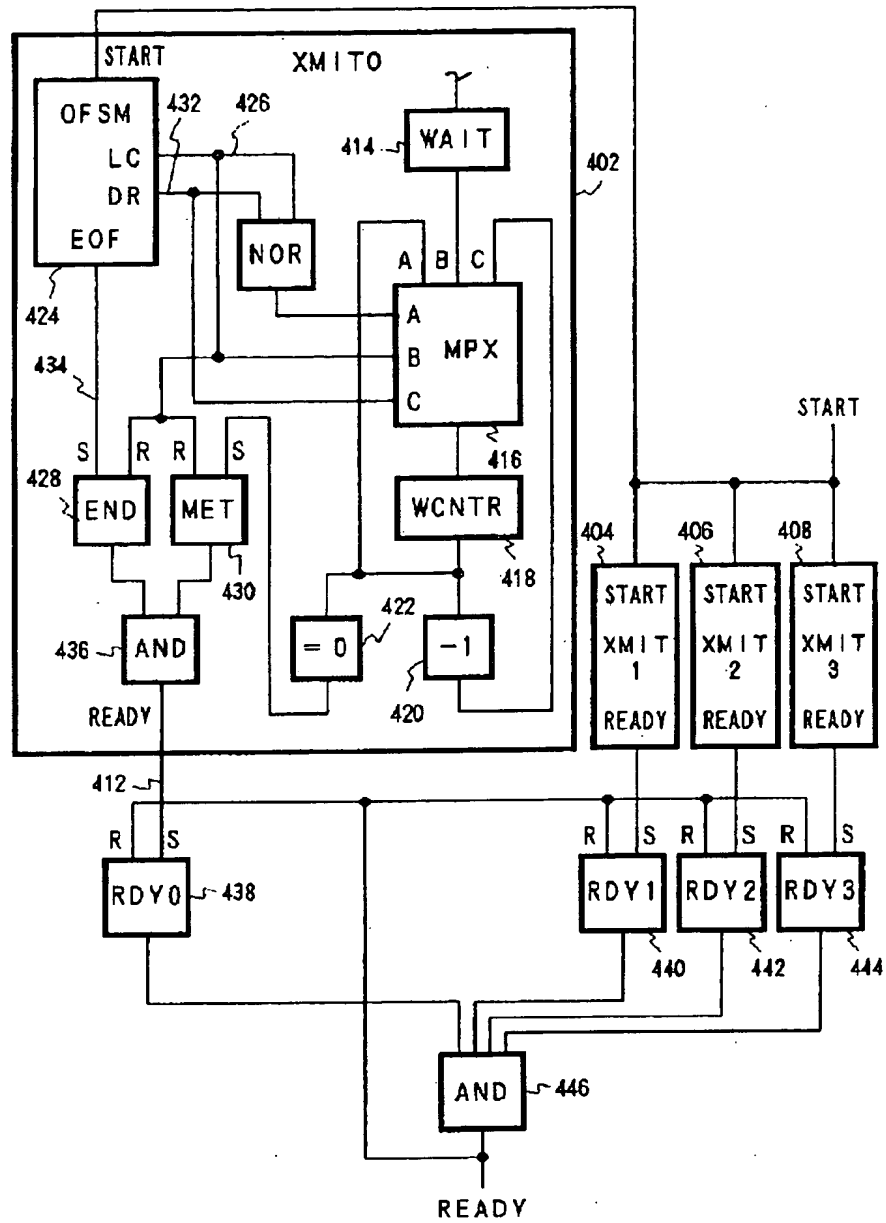
【図 7】



【図 10】

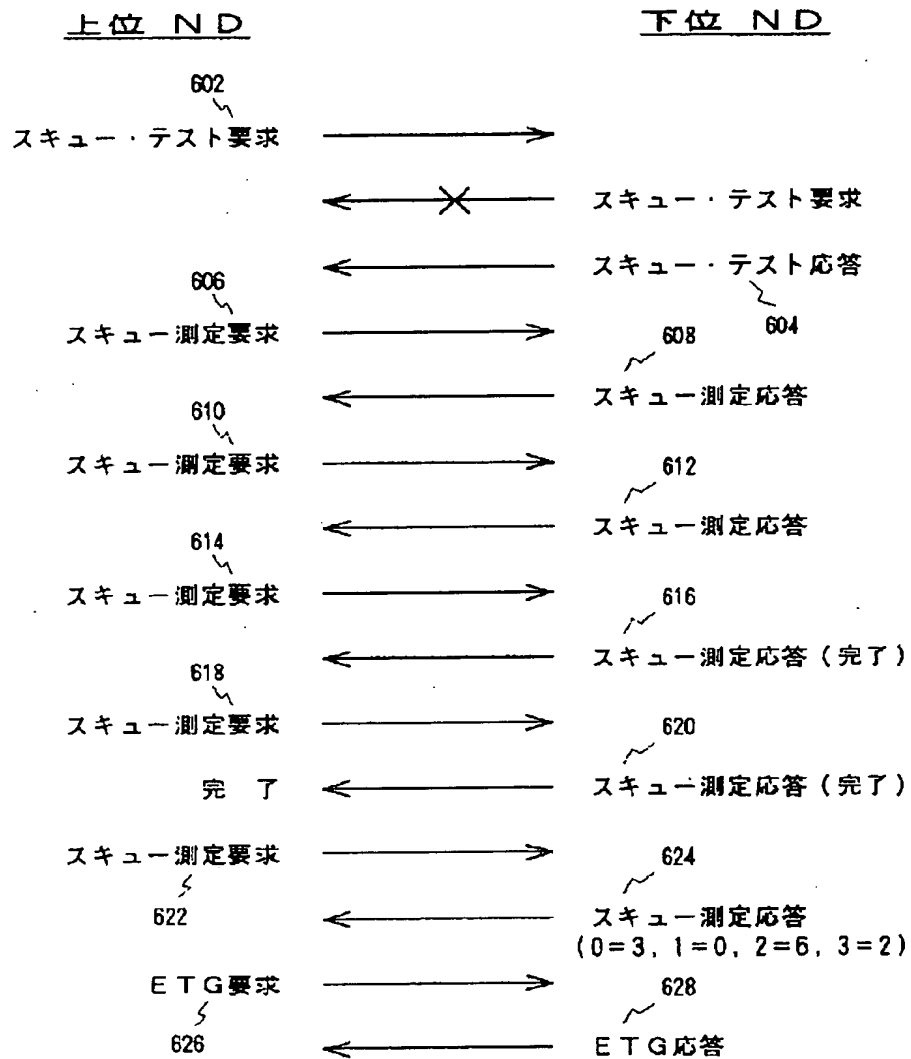


【図 4】

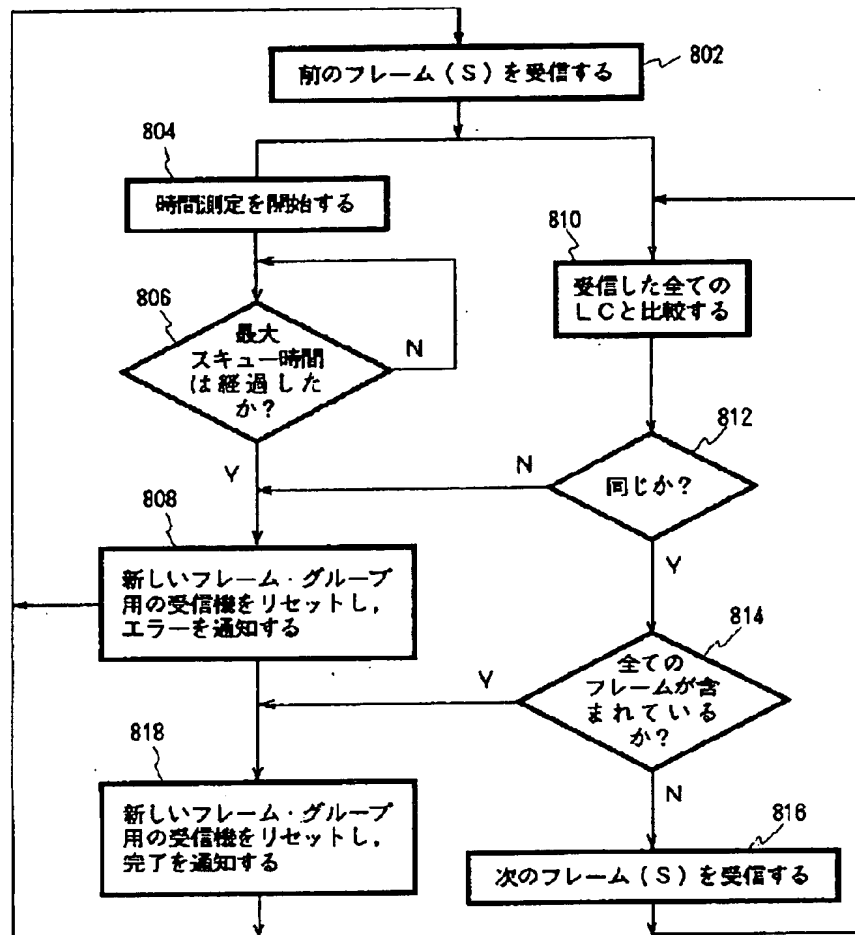


[illegible]

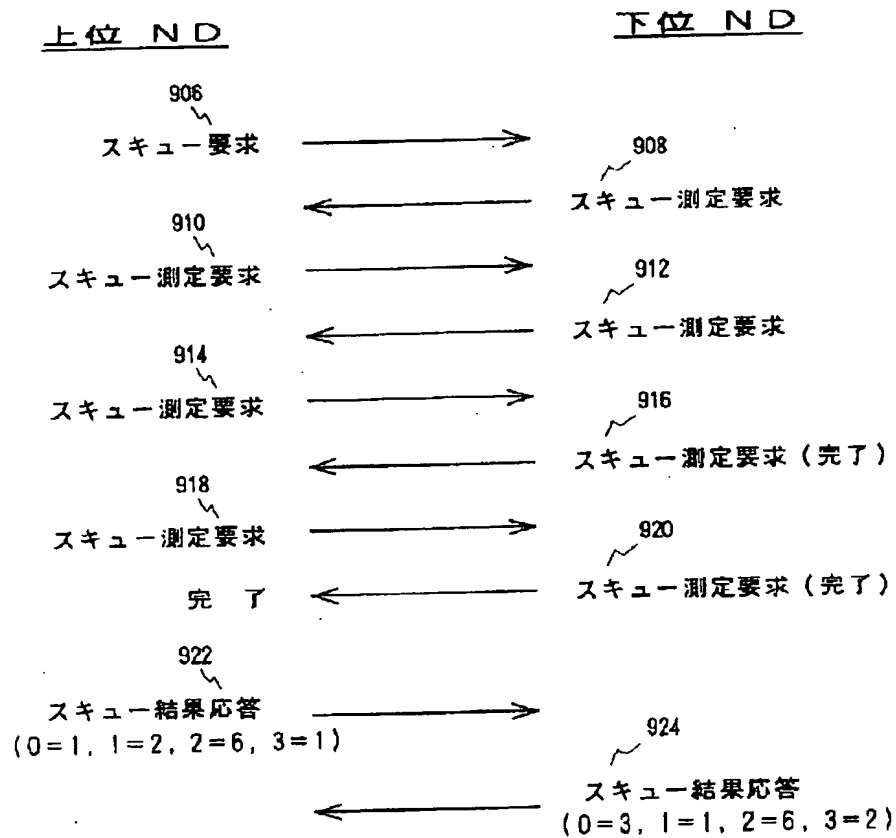
【図 6】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 グレゴリー・サリヤー
 アメリカ合衆国12498 ニューヨーク州ウ
 ッドストック サーウッド・レーン8

(72)発明者 ダグラス・ウェイン・ウェストコット
 アメリカ合衆国12572 ニューヨーク州ラ
 インベック アッカート・フック・ロード
 84